

Bilan de matière d'une transformation chimique

Exemple méthodologique : la combustion du propane

Cet exercice est destiné à vous faire travailler non seulement sur le raisonnement mais aussi sur les notations, les expressions littérales, la démarche et les unités.

Enoncé

La combustion complète du propane, de formule C_3H_8 , conduit à la formation de dioxyde de carbone et d'eau. On réalise la combustion complète de 48,0 L de propane à la température T et à la pression P en présence d'un volume de dioxygène à l'état initial de 120 L pris dans les mêmes conditions de température et de pression que le propane.

- ✓ Ecris l'équation chimique équilibrée associée à cette transformation chimique.
- ✓ Quelles sont les quantités de matière initiales des réactifs ?
- ✓ Construis le tableau d'avancement de la réaction chimique.
- ✓ Détermine le réactif limitant et l'avancement maximal de la réaction.
- ✓ Donne la composition du système chimique à l'état final.
- ✓ Vérifie que la loi de conservation de la masse est bien respectée.
- ✓ Quel volume $(V_{O_2})_i$ de dioxygène aurait-il fallu à l'état initial pour avoir un mélange stœchiométrique ?

On prendra comme volume molaire $V_m = 24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ dans les conditions de l'expérience.

Masses molaires en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: $M(H) = 1,0$ $M(C) = 12,0$ $M(O) = 16,0$

Exemple de rédaction

Le mot « combustion » définit une réaction avec le dioxygène à haute température.

L'équation de la réaction chimique est donc : $C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

Quantités de matière initiales de réactifs

$$(n_{C_3H_8})_i = \frac{(V_{C_3H_8})_i}{V_m} = \frac{48}{24} = 2,0 \text{ mol} \quad \text{et} \quad (n_{O_2})_i = \frac{(V_{O_2})_i}{V_m} = \frac{120}{24} = 5,0 \text{ mol}$$

Tableau d'avancement

	C_3H_8	+	$5O_2$	\longrightarrow	$3CO_2$	+	$4H_2O$
Etat initial	$(n_{C_3H_8})_i$		$(n_{O_2})_i$		0		0
Etat final	$(n_{C_3H_8})_i - x_{\max}$		$(n_{O_2})_i - 5x_{\max}$		$3x_{\max}$		$4x_{\max}$

Recherche du réactif limitant

- ✓ Si le propane est le réactif limitant : $(n_{\text{C}_3\text{H}_8})_i - x_{\text{max}} = 0$ donc $x_{\text{max}} = (n_{\text{C}_3\text{H}_8})_i = 2,0 \text{ mol}$
- ✓ Si le dioxygène est le réactif limitant : $(n_{\text{O}_2})_i - 5x_{\text{max}} = 0$ donc $x_{\text{max}} = \frac{(n_{\text{O}_2})_i}{5} = \frac{5,0}{5} = 1,0 \text{ mol}$

Le dioxygène permet un avancement moins grand de la réaction donc il est le réactif limitant. La valeur de l'avancement maximal est : $x_{\text{max}} = 1,0 \text{ mol}$.

Composition du mélange à l'état final

A l'état final, le système chimique contient le propane restant, le dioxyde de carbone formé et l'eau formée.

- ✓ $(n_{\text{C}_3\text{H}_8})_f = (n_{\text{C}_3\text{H}_8})_i - x_{\text{max}} = 2,0 - 1,0 = 1,0 \text{ mol}$
- ✓ $(n_{\text{CO}_2})_f = 3x_{\text{max}} = 3 \times 1,0 = 3,0 \text{ mol}$
- ✓ $(n_{\text{H}_2\text{O}})_f = 4x_{\text{max}} = 4 \times 1,0 = 4,0 \text{ mol}$

Vérification de la conservation de la masse

- ✓ Somme des masses à l'état initial sachant que :

$$M_{\text{C}_3\text{H}_8} = 3 \times 12 + 8 \times 1 = 44 \text{ g.mol}^{-1} \quad \text{et} \quad M_{\text{O}_2} = 2 \times 16 = 32 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$m_{\text{état initial}} = m_{\text{réactifs}} = 2M_{\text{C}_3\text{H}_8} + 5M_{\text{O}_2} = 2 \times 44 + 5 \times 32 = 248 \text{ g}$$

- ✓ Somme des masses à l'état final sachant que :

$$M_{\text{CO}_2} = 12 + 2 \times 16 = 44 \text{ g.mol}^{-1} \quad \text{et} \quad M_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \times 1 + 16 = 18 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$m_{\text{état final}} = m_{\text{produits}} + m_{\text{propane restant}} = 3M_{\text{CO}_2} + 4M_{\text{H}_2\text{O}} + M_{\text{C}_3\text{H}_8} = 3 \times 44 + 4 \times 18 + 44 = 248 \text{ g}$$

On vérifie ainsi la loi de conservation de la masse durant la réaction chimique.

Volume initial de dioxygène pour avoir un mélange stœchiométrique

- ✓ Il aurait fallu : $(n_{\text{O}_2})_i - 5x_{\text{max}} = 0$ avec $x_{\text{max}} = 2,0 \text{ mol}$ donc $(n_{\text{O}_2})_i = 5x_{\text{max}} = 5 \times 2,0 = 10 \text{ mol}$
- ✓ Le volume correspondant est : $(V_{\text{O}_2})_i = (n_{\text{O}_2})_i \times V_m = 10 \times 24 = 240 \text{ L}$

Il aurait donc fallu 240 litres de dioxygène pour que le mélange soit stœchiométrique et que le propane soit entièrement consommé.